

WAHANIA PODCIŚNIENIA CAŁKOWITE I NIEREGULARNE W WYBRANYCH PUNKTACH INSTALACJI DOJARKI RUROCIĄGOWEJ

Danuta Skalska, Józef Szlachta, Adam Luberański
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Analizowano zmiany wahań: podciśnienia w rurociągu mlecznym, podciśnienia w cyklu (w aparacie udojowym) oraz szybkość narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej po wpuszczeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego (10 l normalnego powietrza, 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) przy pracy sześciu aparatów udojowych. Wykazano, że można oddzielić wahania regularne od wahań nieregularnych w rurociągu mlecznym; odejmując wartości wahań podciśnienia – cyklicznych (pochodzących od pracującej instalacji dojarki rurociągowej) od wartości wahań zmierzonych po wprowadzeniu zakłócenia. Zmiany wahań podciśnienia (całkowite i nieregularne) w rurociągu mlecznym istotnie zależą od całkowitego zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów udojowych i zakłócenia wprowadzonego do rurociągu mlecznym. Wahania podciśnienia w cyklu dp (całkowite i pochodzące od wprowadzonego zakłócenia) oraz zmiany P_1 po wpuszczeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego dojarki rurociągowej również istotnie zależą od ww. warunków.

Słowa kluczowe: wahania całkowite, wahania nieregularne, zakłócenie, pulsacja, dojarka rurociągową

Wstęp

Część rurociągu mlecznego, na którego długości są podłączone aparaty udojowe ma szczególnie ważne znaczenie, ponieważ w tym obrębie następuje największe zakłócenie stabilności podciśnienia [Skalska i inni 2005]. Przede wszystkim jest to spowodowane pracującymi aparatami. Równoczesna praca wielu aparatów udojowych jest przyczyną znacznego „obciążenia” układu mlecznego cieczą, co pozostaje w ścisłym związku z jego wypełnieniem i zmiennością warunków ciśnieniowych zarówno w obrębie całej instalacji udojowej jak również aparatów udojowych [Szlachta 1999; Skalska i inni 2005]. Przy doju krów o dużej wydajności mlecznej, przy pomocy dojarek rurociągowych, gdzie z jednej strony są korzystniejsze warunki pracy dla dojarza, lepsze warunki higieniczne, ale zarazem ze względu na konieczność transportu mleka w górę, z kolektora do wyżej położonego rurociągu mleka oraz transportu mleka w samym rurociągu - następują znaczne spadki i wahania podciśnienia na końcu strzyka [Szlachta 1986, Woyke 1995]. Dlatego też ważne jest określenie wielkości wahań całkowitych podciśnienia; pochodzących od pracującej instalacji dojarki i nieregularnych (spowodowane przez „awarie typu”: spadanie aparatu,

spadanie kubka udojowego, zacinalanie się kurków stanowiskowych oraz wystąpienie – w skrajnych przypadkach wyżej wymienionych przyczyn równocześnie) w rurowości mlecznym od całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy i zakłóceń, które mogą wystąpić w trakcie doju. Amplituda wahań podciśnienia w rurowości mlecznym wzdłuż strefy pracujących aparatów udojowych ma istotny wpływ na parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych [Kupczyk 1986 b., Wiercioch 1994 i 1998].

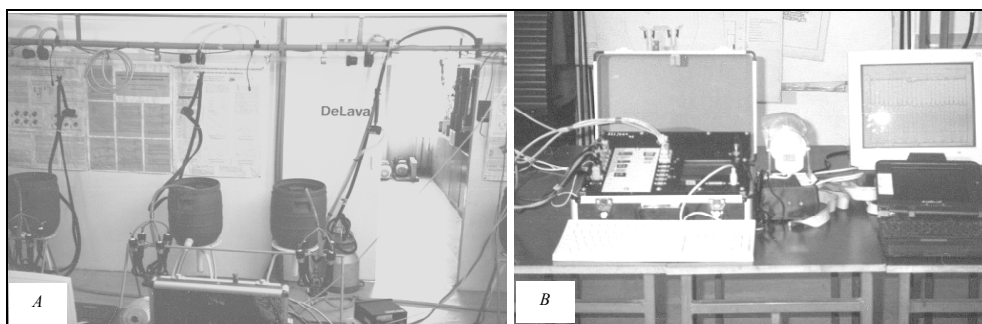
Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu całkowitego zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów udojowych Q_{mr} i wprowadzanego zakłócenia do instalacji dojarki rurowościowej (do rurowości mlecznego; 10 l normalnego powietrza, 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at. oraz 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) na zmiany wahań podciśnienia w rurowości mlecznym $aPI4$ (całkowitych i pochodzących od zakłócenia) w rurowości mlecznym. Wykazano, że można oddzielić wahania regularne od wahań nieregularnych w rurowości mlecznym; odejmując wartości wahań podciśnienia – cyklicznych (pochodzących od pracującej instalacji dojarki rurowościowej) od wartości wahań zmierzonych po wprowadzeniu zakłócenia (całkowitych). Analizowano również wpływ ww. warunków na wybrane parametry doju w aparacie udojowym; tj. na zmiany wahań podciśnienia w cyklu dp (całkowite i pochodzące od wprowadzonego zakłócenia) oraz zmiany szybkości narostu podciśnienia w komorze podstrzykowej Pr . Analizę przeprowadzono w oparciu o metodykę [Skalska, Nejman 2008], w czterech przedziałach czasowych względem cyklu pulsacji.

Metodyka

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej (w Zakładzie Produkcji Zwierzęcej) U P we Wrocławiu. Stanowisko pomiarowe zbudowano w oparciu o dojarkę rurowościową (rys. 1 zdjęcie A). Parametry dojarki dobrano według zaleceń normy ISO 5707 i 6690. Pomiary zmian podciśnienia w aparatach udojowych, rurowości mlecznym wykonano przy pomocy aparatury pomiarowej, w skład, której wchodziły podzespoły (rys. 1, zdjęcie B): 9 sztuk czujników podciśnienia typu PS i PS-SM-100, 50 firmy VIGOTOR, rejestrator 15 kanałowy AKW-15, program „Graf akw” do obróbki danych,

Na parametry w aparacie udojowym mają wpływ następujące czynniki: początkowe podciśnienie systemowe, uchyb regulatora, zadany strumień wypływu cieczy z aparatu udojowego, spadki podciśnienia w rurowości mlecznym, które zależą od przepływu cieczy i powietrza w rurowości mlecznym i od sposobu dostarczenia cieczy oraz powietrza do rurowości mlecznego (ilość aparatów udojowych, konfiguracja podłączanych aparatów udojowych, zakłócenie). Wszystkie parametry doju w aparacie udojowym określa się względem pulsacji, cyklicznych zmian w takt pracy pulsatorów. Dlatego przyjęto podział zakłócenia na fazy czasowe wyrażone w cyklach pulsacji – metodyka wg Skalskiej i Nejmana [2008]. Badania laboratoryjne obejmowały analizę wpływu; zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów udojowych Q_m , ilości pracujących aparatów udojowych n , całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy w rurowości mlecznym Q_{mr} , zastosowanego zakłócenia wprowadzane do rurowości mlecznego na wybrane parametry doju

w dojarce rurociągowej; amplitudę wahań $aP14$, (całkowitych i nieregularnych), wahania podciśnienia w cyklu dp , szybkość narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej Pr . Wieloczynnikowa analiza wariacji [Statistica 1997] wykazała istotny wpływ ww. zmiennych niezależnych na amplitudę wahań $aP14$ (całkowitych i nieregularnych) jak i na pozostałe ww. parametry doju. Poziom istotności (p) wynosił dla każdego źródła zmienności 0,000.



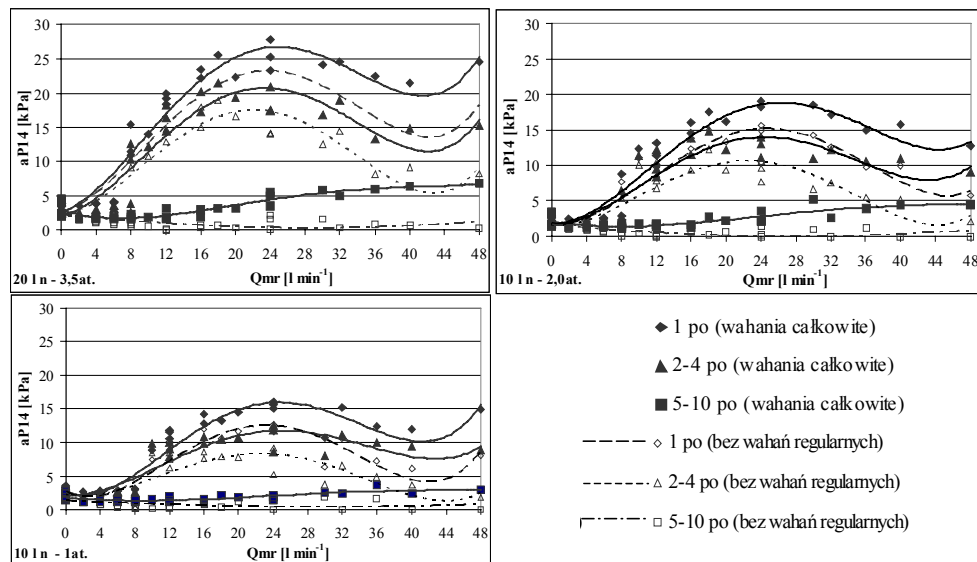
Rys. 1. Widok stanowiska pomiarowego; A – Widok na aparaty udojowe, na rurociąg mleczny, podciśnienia, aparaty udojowe B – Komputerowe zbieranie danych pomiarowych z dziewięciu czujników (rejestrator)

Fig. 1. Measurement setup view: A – View of milking apparatuses, milk line, negative pressure milking apparatuses B – Computerised collection of measurement data from nine sensors (recorder)

Wyniki badań i dyskusja

Część rurociągu mlecznego, na którego długości są podłączone aparaty udojowe ma szczególnie ważne znaczenie, ponieważ w tym obrębie następuje największe zakłócenie stabilności podciśnienia. Przede wszystkim jest to spowodowane pracującymi aparatami. Dlatego też ważne jest określenie wielkości wahań podciśnienia cyklicznych (pochodzących od pracującej instalacji dojarki) i nieregularnych (pochodzących od zakłócenia) w rurociągu mlecznym $aP14$ od całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy Q_{mr} dla trzech systemów zakłóceń wprowadzanych do rurociągu mlecznego (rys. 2). Amplituda wahań podciśnienia $aP14$ w rurociągu mlecznym wzdłuż strefy pracujących aparatów udojowych ma wpływ na parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych. Dlatego też, aby oddzielić wahania regularne od wahań nieregularnych odjęto wartości wahań podciśnienia $aP14$ (cykliczne) od wartości wahań $aP14$ zmierzonych po wprowadzeniu zakłócenia (całkowitych). Wahania podciśnienia $aP14$ pochodzące od pracującej instalacji dojarki opisano równaniem:

$$aP14 = 0,1466 \cdot Q_{mr} - 0,0966 \quad (1)$$



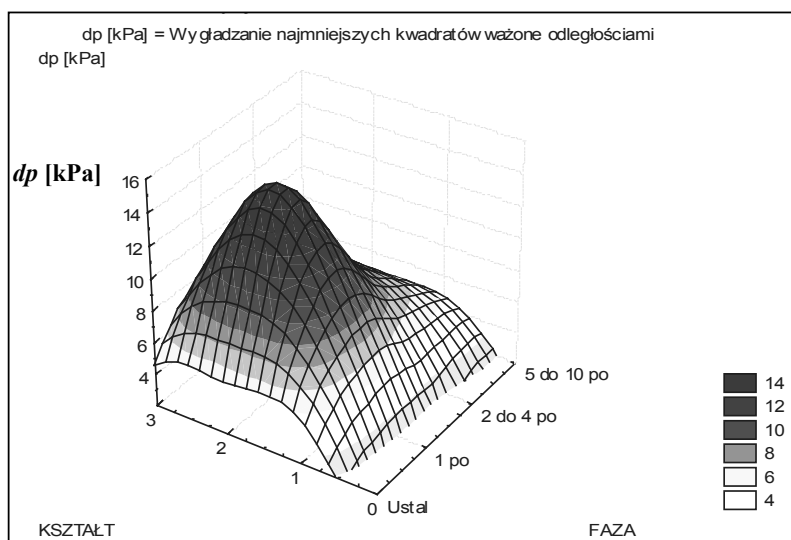
Rys. 2. Wpływ całkowitego zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów Q_{mr} na zmiany (całkowitych i pochodzących od wprowadzonego zakłócenia) wahań podciśnienia w rurociągu mlecznym $aP14$ w: 1 cyklu pulsacji, 2 ÷ 4 cyklu pulsacji, 5 ÷ 10 cyklu pulsacji po wpuszczeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego: 10 l normalnego powietrza, 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at. oraz 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.

Fig. 2. The impact of full preset stream of liquid outflow from apparatuses Q_{mr} on changes of negative pressure fluctuations (total and generated by the disturbance) in $aP14$ milk line in: pulsation cycle 1, pulsation cycles 2 ÷ 4, pulsation cycles 5 ÷ 10 after having let the disturbance into milk line: 10 l of normal air, 10 l of normal air compressed to 2 atm., and 20 l of normal air compressed to 3.5 atm.

Zmiany wahań podciśnienia $aP14$ (całkowitych i pochodzących od zakłócenia) w rurociągu mlecznym (rys. 2), w strefie pracujących sześciu aparatów udojowych są największe w pierwszym cyklu pulsacji (fazie 1 po) i wynoszą około: 26 kPa (całkowite) i 22,5 kPa (pochodzące od zakłócenia) dla $Q_{mr} = 24 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ i zakłócenia pochodzącego od 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 atmosfery natomiast dla zakłócenia pochodzącego od 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 atmosfer jest równe około 18 kPa (całkowite) i 15 kPa (pochodzące od zakłócenia) oraz odpowiednio dla zakłócenia pochodzącego od 10 l powietrza normalnego ciśnienia około 15 kPa (całkowite) i 12 kPa (pochodzące od zakłócenia). Wahania te maleją w następnych trzech cyklach (rys. 2) i wynoszą odpowiednio około: 20 kPa (całkowite) i 17 kPa (pochodzące od zakłócenia) dla 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at. Natomiast dla 10 l powietrza sprężonego do 2 at. około 14 kPa (całkowite) i około 10 kPa (pochodzące od zakłócenia). Dla 10 l normalnego powietrza wahania te wynoszą odpowiednio 12 kPa (całkowite) i 8 kPa (pochodzące od zakłócenia). W fazie 5÷10 po wahania $aP14$ zmieniają się około 1,5 kPa dla Q_{mr} zmieniającego się od 0-12 $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ (całkowite i pochodzące od zakłócenia) a powyżej waha-

nia te rosną wraz ze wzrostem Q_{mr} i osiągają w fazie 5÷10 po (rys. 2): 3 kPa dla 10 l powietrza normalnego, 5 kPa (dla 10 l powietrza sprężonego do 2at.) i około 6 kPa (dla 20 l powietrza sprężonego do 3,5 at.). Kształt zakłócenia ma wpływ na czas stabilizacji wahań podciśnienia $aP14$ w rurociągu mlecznym po wprowadzeniu zakłócenia.

Wahania podciśnienia w cyklu dp o charakterze nieregularnym i regularnym przyczyniają się do destabilizacji warunków ciśnieniowych panujących w aparacie udojowym, co prowadzi ostatecznie do zaburzeń jego pracy. Biorąc pod uwagę wahania podciśnienia dp (rys. 3) można stwierdzić, że dla faz: 1 po, 2 – 4 po i dla zakłócenia wprowadzanego do rurociągu mlecznego (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) parametr ten osiąga największą wartość około 13 - 14 kPa (wahania całkowite - regularne i od zakłócenia).

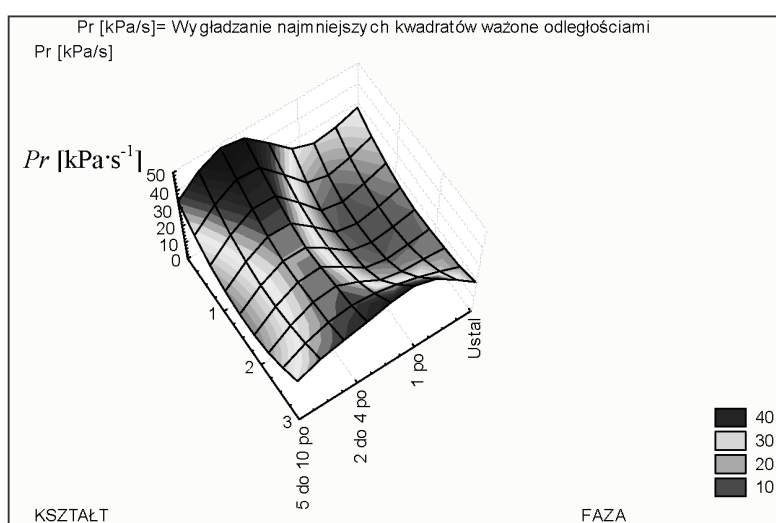


Rys. 3. Wpływ kształtu zakłócenia (1-10 l – 1 at., 2-10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 3-20 l sprężonego do 3,5 at.) i faz (1 po, 2 – 4 po, 5-10 po, ustal) na wahania podciśnienia w cyklu dp całkowite (regularne i od zakłócenia) po wprowadzeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego dojarki rurociągowej

Fig. 3. The impact of disturbance form (1-10 l – 1 atm., 2-10 l of normal air compressed to 2 atm., 3-20 l compressed to 3.5 atm.) and phases (1 after, 2 – 4 after, 5-10 after, fixed) on negative pressure fluctuations in dp cycle, total (regular and by the disturbance) after having let the disturbance into milk line of pipeline milking machine.

Natomiast dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) i dla tych samych faz: 1 po i 2-4 po wahania podciśnienia w cyklu dp osiągają około 12 kPa, odpowiednio dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza – 1 at.) około 6 kPa. Dla faz: 5-10 po i ustal wahania podciśnienia w cyklu dp kształtują się w granicach 4 – 6 kPa. Są to wahania regularne pochodzące od zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatu udojowego Q_m i od całej instalacji dojarki.

W literaturze szybkość narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej Pr uważana jest za jeden z ważniejszych parametrów doju w aparacie udojowym, której wartość jest silnie związana z przepływem powrotnym [Wiercioch 1994]. Parametr ten jest związana z dynamiką otwierania się gum strzykowych, a fizyczną przyczyną jest różnica ciśnień po obu stronach jej ścianek, która ma zasadnicze znaczenie dla tych samych pulsatorów i gum strzykowych. Wpływ na dynamikę narastania podciśnienia Pr mają pulsatory (szybkość narastania podciśnienia sterującego), właściwości gum (materiał, z jakiego są zrobione, kształt, itp.), zadany strumienia wypływu cieczy Q_m z aparatu oraz wahania podciśnienia w cyklu dp o charakterze nieregularnym.



Rys. 4. Wpływ kształtu zakłócenia (1-10 l – 1 at., 2-10 l sprężonego do 2 at., 3 – 20 l sprężonego do 3,5 at.) i faz (1 po, 2 – 4 po, 5-10 po, ustal) na szybkości narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej Pr po wprowadzeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego dojarki przewodowej

Fig. 4. The impact of disturbance form (1-10 l – 1 atm., 2 – 10 l compressed to 2 atm., 3 – 20 l compressed to 3.5 atm.) and phases (1 after, 2 – 4 after, 5-10 after, fixed) on growth rates of negative pressure in chamber under teat Pr after having let the disturbance into milk line of pipeline milking machine

Największą szybkość wzrostu podciśnienia Pr (rys. 4), zarejestrowano dla zakłócenia (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) wprowadzanego do rurociągu mlecznego i fazy „2-4 po” i wynosiła około 45 $\text{kPa}\cdot\text{s}^{-1}$. Natomiast dla zakłóceń: 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 10 l normalnego powietrza – 1 at. wprowadzanych do rurociągu mlecznego i fazy „2-4 po” szybkość narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej Pr wynosiła około 30 $\text{kPa}\cdot\text{s}^{-1}$. Na dynamikę narastania podciśnienia Pr wpływa również stała czasowa całego obiektu badanego – instalacja dojarki rurociągowej, dlatego zmiany tego dynamicznego parametru są znaczne dopiero w „fazie 2-4 po”, po wprowadzeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego.

Podsumowanie

Wstępne badania umożliwiły określenie maksymalnej amplitudy sygnału zakłócającego i jego szybkości narostu (kształtu - 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.), który nie spowodował uszkodzenia dojarki przewodowej. Wybrane sygnały zakłócające wprowadzane do instalacji dojarki umożliwiły wydzielenie wahań nieregularnych od regularnych, co ułatwi przeprowadzenie precyzyjniejszego rankingu rozwiązań technicznych (różnych firm) ww. obiektów.

Wnioski

1. Można oddzielić wahania regularne od wahań nieregularnych odejmując wartości wahań podciśnienia $aP14$ (cykliczne) od wartości wahań $aP14$ zmierzonych po wprowadzeniu zakłócenia. Wahania podciśnienia $aP14$ pochodzące od pracującej instalacji dojarki opisano równaniem: $aP14 = 0,1466 \cdot Q_{mr} - 0,0966$
2. Wahania podciśnienia w cyklu dp osiągnęły największe wartości dla faz: 1 po, 2-4 po i dla zakłócenia wprowadzanego do rurociągu mlecznego (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) około 14 kPa (wahania całkowite) i około 10 kPa (pochodzące od zakłócenia). Natomiast dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) i dla tych samych faz: 1 po i 2-4 po wahania podciśnienia w cyklu dp osiągają około 12 kPa (wahania całkowite) i około 8 kPa (pochodzące od zakłócenia). Natomiast dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza - 1 at.) wahania podciśnienia w cyklu dp osiągnęły najmniejszą wartość około 6 kPa (pochodzące od zakłócenia) dla ww. faz. Dla faz: 5-10 po i ustal wahania podciśnienia w cyklu dp kształtują się w granicach 4-6 kPa. Są to już wahania w cyklu regularne pochodzące od Q_m i pracy całej instalacji dojarki.
3. Największą szybkość wzrostu podciśnienia Pr zarejestrowano dla zakłócenia (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) wprowadzanego do rurociągu mlecznego i fazy, 2-4 po, która wynosiła około $45\text{kPa}\cdot\text{s}^{-1}$. Najmniejszą szybkość wzrostu podciśnienia Pr około $25\text{kPa}\cdot\text{s}^{-1}$ zarejestrowano dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 1 at.) wprowadzanego do rurociągu mlecznego i fazy 1 po. Parametr ten jest silnie związana z dynamiką otwierania się gum strzykowych, która ma zasadnicze znaczenie dla tych samych pulsatorów i gum strzykowych oraz ze stałą czasową całego obiektu badanego – instalacji dojarki przewodowej.

Bibliografia

- Kupeczyk A.** 1986 b. Spadki i wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarek przewodowych. Cz. II. Spadki podciśnienia w poziomym rurociągu mlecznym. Roczn. Nauk Rol. T. 77-C-1, s. 35-41.
- Skalska D, Szlachta J, Nejman M.** 2005. Analiza zmian wybranych parametrów doju w oparciu o zarejestrowane obrazy przepływu cieczy w rurociągu mlecznym dojarki przewodowej. XI Międzynarodowa Konferencja Nauki „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”. IBMER Warszawa, s. 113-118.

- Skalska D, Szlachta J, Nejman M.** 2005. Stabilność podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarki przewodowej przy zmiennym obciążeniu. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* [on line]. 2005. Volume 8 Issue 1. [07.03.2005]. Dostępne w Internecie: <http://www.ejpau.media.pl/issues/volume1>.
- Skalska D., M. Nejman.** 2008. Analiza wpływu zakłóceń na wybrane parametry doju w dojarce rurociągowej. *Inżynieria Rolnicza*.5(103) Kraków. s. 249-257.
- Szlachta J.** 1999. Normy międzynarodowe ISO a sprzęt udojowy. *Poradnik Hodowcy* 5, 1.
- Wiercioch M.** 1998. Ocena intensywności wypływu mleka ze strzyka krowy w poszczególnych cyklach przy użyciu różnych systemów (aparatów) udojowych. *Maszynopis. IIR. AR. Wrocław.*
- Wiercioch M.** 1994. Przepływy w kubku udojowym dojarki mechanicznej. *Rozprawa habilitacyjna. AR. Wrocław.*
- Woyke W.** 1995. Międzynarodowa Konferencja Naukowa IBMER „Podstawowe problemy w technice i technologii produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem aspektów ekologicznych”. Warszawa, s. 217-220.
- ISO 5707. 2007. Milking machine installations - Construction and performance
- ISO 6690. 2007. Milking machine installations - Mechanical tests
- Statistica. 1997. Statsoft Polska. Podręcznik użytkownika.

TOTAL AND IRREGULAR NEGATIVE PRESSURE FLUCTUATIONS IN SELECTED POINTS OF PIPELINE MILKER INSTALLATION

Abstract. The research involved analysing changes in fluctuations of: negative pressure in milk line, negative pressure in the cycle (in milking apparatus). Moreover, the analysis covered increase rate of negative pressure in chamber under teat after having let the disturbance into milk line (10 l of normal air, 10 l of normal air compressed to 2 atm., 20 l of normal air compressed to 3.5 atm.) during operation of six milking apparatuses. It has been proven that it is possible to separate regular fluctuations from irregular ones in milk line, by subtracting the values of negative pressure fluctuations – cyclical (generated by working pipeline milking machine installation) from the values of fluctuations measured after having let the disturbance in. Changes of negative pressure fluctuations (total and irregular) in milk pipeline significantly depend on full preset stream of liquid outflow from milking apparatuses and disturbance let into milk line. Negative pressure fluctuations in the dp cycle (total and generated by the disturbance) and changes P_1 after letting the disturbance into milk line of pipeline milking machine also significantly depend on the above-mentioned conditions.

Key words: total fluctuations, irregular fluctuations, disturbance, pulsation, pipeline milking machine

Adres do korespondencji:

Danuta Skalska; e-mail; danuta.skalska@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław